

### **Einparkhilfe**

Die Erfindung betrifft eine Einparkhilfe für ein Fahrzeug.

Die Erfindung betrifft ebenso ein Bahnplanungsmodul für ein Fahrzeug.

Die Erfindung betrifft auch ein Verfahren zum Einparken für ein Fahrzeug.

Bekannte Einparkhilfen arbeiten mit einer Planung einer Bahn für den Einparkvorgang auf Grundlage von abgespeicherten Datensätzen für verschiedene Parklückenlängen. Diese Verfahren sind sehr speicherintensiv.

Andere Planungen von Bahnen zum Einparken erfolgen mit einer Berechnung aus einer

Darüber hinaus sind Einparkvorgänge mittels Bahnplanungen auf Grundlage von vorgegebenen geometrischen Formel, wie Kreis, Klothoidenbahn oder Gerade möglich. Dies Planungen sind relativ rechenintensiv und führen in der Regel zu unkomfortablen Einparkbahnen.

Aufgabe der Erfindung ist es, eine Einparkhilfe zu schaffen, die ein automatisches Führen des Fahrzeugs oder ein unterstützendes Führen für den Fahrer auf relativ einfache und komfortable Weise ermöglicht.

Die Aufgabe wird durch die Merkmale der unabhängigen Patentansprüche gelöst. Bevorzugte Ausgestaltungen sind in

den Unteransprüchen angegeben.

Die Aufgabe wird durch eine Einparkhilfe für ein Fahrzeug gelöst, die dadurch gekennzeichnet ist, dass die Einparkhilfe ein autonomes Fahren oder Lenken des Fahrzeugs auf einer Bahn für ein Einparken ermöglicht oder einen Fahrer des Fahrzeugs bei einem Einparkvorgang auf der Bahn für das Einparken des Fahrzeugs unterstützt, mittels eines auf das Lenkrad aufgebrachten Lenkmoments, wobei der Fahrer durch mindestens einen künstlichen Lenkanschlag, vorzugsweise ein oder zwei künstliche Lenkanschläge, auf der Bahn für das Einparken des Fahrzeugs geführt wird, und dass die Bahn für das Einparken des Fahrzeugs in eine Einfahrbahn im Bereich einer Parklücke und eine vor der Einfahrbahn liegende Anfahrbahn aufgeteilt wird.

Bei einer Ausführungsform nach der Erfindung werden dem Fahrer komfortable Handlungsanweisungen durch haptische Rückmeldungen gegeben. Dabei bleibt sichergestellt, dass der Fahrer während des Einparkvorganges diese Handlungsanweisungen umsetzt oder bewusst überstimmt.

Bei einer alternativen Ausführungsform nach der Erfindung wird das Fahrzeug automatisch auf einer bestimmten Bahn in eine Parklücke gelenkt.

Nach der Erfindung wird so eine Aufteilung der Bahnplanung in eine sichere Einfahrbahn im kritischen Parklückenbereich und eine komfortable Anfahrbahn vorgenommen.

Die Aufgabe wird auch durch ein Bahnplanungsmodul für ein Fahrzeug, insbesondere für eine Einparkhilfe nach der Erfindung, gelöst, welches Bahnplanungsmodul dadurch gekennzeichnet ist, dass die Bahn für das Einparken des

Fahrzeugs in eine Einfahrbahn im Bereich einer Parklücke und eine vor der Einfahrbahn liegende Anfahrbahn aufgeteilt wird.

Die Aufgabe wird ebenso durch ein Verfahren zum Einparken für ein Fahrzeug gelöst, das dadurch gekennzeichnet ist, dass das Verfahren ein autonomes Fahren oder Lenken des Fahrzeugs auf einer Bahn für ein Einparken ermöglicht oder einen Fahrer des Fahrzeugs bei einem Einparkvorgang unterstützt, in dem auf das Lenkrad ein Lenkmoment aufgebracht wird und mindestens ein künstlicher Lenkansschlag, vorzugsweise ein oder zwei künstliche Lenkansschläge, generiert wird und in dem der Fahrer durch den künstlichen Lenkansschlag auf der Bahn für das Einparken des Fahrzeugs geführt wird, und dass die Bahn für das Einparken des Fahrzeugs in eine Einfahrbahn im Bereich einer Parklücke und eine vor der Einfahrbahn liegende Anfahrbahn aufgeteilt wird.

Eine Verringerung des Berechnungsaufwandes kann nach der Erfindung dabei durch Strecken einer für die minimale Parklücke berechneten Bahn erzielt werden.

Es ist nach der Erfindung vorgesehen, dass zumindest ein Teilbereich der Anfahrbahn auf Grundlage eines oder mehrerer Polynome, vorzugsweise 2 bis 4 Polynome, ermittelt wird.

Es ist nach der Erfindung vorgesehen, dass ein Ansatzpunkt der auf Grundlage zumindest eines Polynom ermittelten Anfahrbahn an die Einfahrfahrbahn in Abhängigkeit von der Position des einzuparkenden Fahrzeugs ermittelt wird.

Es ist nach der Erfindung vorgesehen, dass ein Ansatzpunkt

der auf Grundlage zumindest eines Polynome ermittelten Anfahrbahn ermittelt wird, der auf der Bahn für das Einparken des Fahrzeugs je nach Fahrzeugstartposition an einer Kreisbahn oder einer davor liegenden Klothoidenbahn liegt.

Es ist nach der Erfindung vorgesehen, dass die Einfahrbahn aus einem Kreisbogen gebildet wird.

Es ist nach der Erfindung vorgesehen, dass der normalerweise ein Passieren der Ecken ermöglichende Kreisbogen verkürzt ist, wobei die Kreisbogenlänge so gewählt wird, damit die vordere rechte Ecke eines rückwärts einzuparkenden Fahrzeugs gerade die hintere linke Ecke eines die Parklücke nach vorne begrenzenden Objekts passiert.

Der Ansatzpunkt an die an die Einfahrbahn wird für weit von der Parklücke entfernte und im flachen Winkel zur Parklücke stehende einzuparkende Fahrzeuge so vorzugsweise in der Nähe des Umlenkpunktes gewählt, weil eine gestreckte Anfahrbahn einen direkten Weg und nur ein geringes Einfahren in die Gegenfahrbahn mit sich bringt.

Der Ansatzpunkt an die an die Einfahrbahn wird so dagegen für nahe an der Parklücke oder im steilen Winkel zur Einfahrbahn stehende einzuparkende Fahrzeuge spät an die Klothoidenbahn oder direkt an der Kreisbahn angesetzt, um einen möglichst großen Startbereich für den Einparkvorgang zu erhalten und um unnötige Lenkvorgänge zu vermeiden.

Der Ansatzpunkt kann für die Fälle, die zwischen den beiden zuvor genannten Bedingungen liegen, in diskreten Schritten oder kontinuierlich auf der Klothoidenbahn gewählt werden,

wobei die Kreisbogenlänge so gewählt wird, dass die vordere rechte Ecke eines rückwärts einzuparkenden Fahrzeugs gerade die hintere linke Ecke eines die Parklücke nach vorne begrenzenden Objekts passiert.

Es ist nach der Erfindung vorgesehen, dass an den Kreisbogen vor dem Umlenkpunkt (in Richtung der Einfahr- fahrbahn) zumindest ein Klothoidenbogen an den Kreis angefügt wird, der eine Auslenkung in die Gegenfahrbahn verringert.

Es ist nach der Erfindung vorgesehen, dass die Bahn für die kleinstmögliche Parklücke an die reale Parklücke durch Strecken angepasst wird.

Dabei ist es vorzugsweise die Bahnplanung für ein rückwärts Einparken vorgesehen, welche nach Maßgabe von Daten über den Parkraum relativ zum Fahrzeug und den Weg des Fahrzeugs in die Parklücke erfolgt.

Die Erfindung wird anhand von zwei Abbildungen (Fig. 1 und Fig. 2) im folgenden beispielhaft näher erläutert.

Die Fig. 1 zeigt den bekannten Bahnverlauf eines Einparkvorgangs als Hintereinanderreihung von zwei Kreisbögen.

Die Fig. 2 zeigt den Bahnverlauf eines Einparkvorgangs nach der Erfindung durch eine Hintereinanderreihung von einem Kreisbogen und einem Verlauf nach einem Polynom.

Die in Fig. 1 dargestellte Aneinanderreihung von zwei Kreisbögen 1,2 um einen Umlenkpunkt 14 ermöglicht das Einfahren des Fahrzeugs 3 in eine kleinste Parklücken 6

zwischen einem Fahrzeug 4 und einem Fahrzeug 5.

Diese Bahn erfordert aber das Anhalten des Fahrzeugs 3 im Umlenkpunkt 14. Zudem werden Lenkung und Fahrzeug stark belastet.

Nach der Erfindung werden verschiedene mögliche Bahnverläufe beim Einparkvorgang im Hinblick auf unterschiedliche Faktoren bewertet. Es werden insbesondere Bahnverläufe berücksichtigt, die eine kurze Länge der kleinstmöglichen Parklücke, ein geringes Einfahren des Vorderwagens in die Gegenfahrbahn, eine geringe notwendige Lenkwinkeländerung, einen geringen maximal erforderlichen Lenkwinkel und einen geringen Berechnungsaufwand für eine Fahrbahn erfordern.

Unter Berücksichtigung der genannten Faktoren ist eine Kombination eines Kreisbogens nach dem Umlenkpunkt und das Einfügen einer Doppel-Klothoidenbahn nach der Erfindung eine Verbesserung der Bahn. Damit wird ein stetiger Verlauf des Lenkwinkels ermöglicht. Zusätzlich kann am Anfang des Kreisbogens 1 (siehe Fig. 1) in Richtung des einfahrenden Fahrzeugs 3 noch ein Klothoidenbogen eingefügt werden, um die Krümmung der Bahn am Endpunkt an den Gierwinkel des Fahrzeugs anzupassen.

Diese Lösung verbindet eine begrenzte Lenkwinkeländerung mit einem unter diesen Umständen minimalen Einfahren in die Gegenfahrbahn und das Erreichen minimaler Parklücken. Zudem verlangt sie einen geringen Berechnungsaufwand, da die Bahn nicht auf Kollision überprüft werden muss.

Eine für den Fahrer nochmals angenehmere Lenkwinkeländerung wird nach der Erfindung über die Berechnung der Bahn durch

ein Polynom fünfter Ordnung erzielt:

$$y = f(x) = a_0 x^0 + a_1 x^1 + a_2 x^2 + a_3 x^3 + a_4 x^4 + a_5 x^5 \quad (1)$$

wobei die einzelnen Koeffizienten aus den folgenden Nebenbedingungen bestimmt werden:

$$\begin{aligned} f(x_0)|_{\text{Kreisbogen}} &= y_0 & (2) \\ f(x_0)'|_{\text{Kreisbogen}} &= \frac{dy}{dx}|_{\text{Kreisbogen}} \\ f(x_0)''|_{\text{Kreisbogen}} &= \frac{d^2y}{dx^2}|_{\text{Kreisbogen}} \\ f(x_1)|_{\text{Fahrzeug}} &= y_1 \\ f(x_1)'|_{\text{Fahrzeug}} &= \frac{dy}{dx}|_{\text{Fahrzeug}} \\ f(x_1)''|_{\text{Fahrzeug}} &= \frac{d^2y}{dx^2}|_{\text{Fahrzeug}} \end{aligned}$$

Diese Nebenbedingungen sind so gewählt, dass an den Übergängen stoßfreies Lenken möglich ist.

Wird das Polynom zur Berechnung der kompletten Parklücke verwendet, ist allerdings nicht immer sichergestellt, dass das einzuparkende Fahrzeug an der vorderen Ecke von Fahrzeug 5 kollisionsfrei vorbeifährt.

Unter Berücksichtigung der genannten Faktoren ist insbesondere die in Fig. 2 dargestellte Lösung mit einer Kombination eines Kreisbogens 13 nach dem Umlenkpunkt 15, der eine sichere Einfahrt des Fahrzeugs 3 in die Parklücke 6 zwischen zwei Fahrzeugen 4,5 ermöglicht und ein Führen des Fahrzeugs auf diesen Bogen 13 hin durch ein Polynom,

das an einem Ansatzpunkt, wie z.B. Ansatzpunkt 16, an den Kreisbogen gereiht werden.

Es besteht keine Gefahr, dass das Fahrzeug in der Parklücke 6 anschlägt, wenn es der Bahn folgt.

Steht das Fahrzeug sehr weit von der Parklücke entfernt, könnte ein Polynom aber immer noch sehr weit in die Gegenfahrbahn führen oder zu einer Bahn führen, die einen seitlichen Anschlag in die Fahrzeugfront erzwingt.

Ist das Fahrzeug sehr weit an der Parklücke vorbeigefahren, besteht die Gefahr; dass ein Polynom berechnet wird, das sehr weit in die Gegenfahrbahn reicht. Dann ist es erfindungsgemäß vorgesehen, einen Klothoidenbogen an den Kreisbogen anzufügen, der eine solche Auslenkung verringert.

Der Ansatzpunkt des Polynoms auf die anschlagsichere Parktrajektorie (Bahnverlauf) erfolgt in diesem Fall in Abhängigkeit vom Standpunkt des Fahrzeugs 3, spätestens aber am Kreisbogen 13 am Umlenkpunkt 15 und es ergeben sich je nach Bahnen wie 10,11 oder 12.

Bei einer alternativen Möglichkeit, um ein zu großes Einfahren in die Gegenfahrbahn bei weit entfernten Parklücken zu vermeiden, ist die Verkürzung des Kreisbogens vorgesehen. Die Kreisbogenlänge ist dabei so gewählt, dass die vordere rechte Ecke des einzuparkenden Fahrzeugs 3 gerade die hintere linke Ecke von Fahrzeug 5 passiert. Diese Lösung hat den Vorteil, dass die Lenkbewegung deutlich komfortabler wird. Sie erfordert jedoch eine Überprüfung der Randbedingungen, ob die geplante Bahn befahrbar ist und ggf. eine Neuplanung bei weniger verkürztem Kreisbogen.



Um den Berechnungsaufwand gering zu halten, bestimmt das Verfahren nur das Polynom relativ zwischen Fahrzeug 3 und Ansatzpunkt 13 am Kreisbogen. Der Kreisbogen wird dazu nur für die kleinstmögliche Parklücke abgespeichert. Die Kreisbogenlänge ist dabei so gewählt, dass die vordere rechte Ecke des einzuparkenden Fahrzeugs 3 gerade die hintere linke Ecke von Fahrzeug 5 passiert. Dieses Verfahren hat den Vorteil, dass eine Überprüfung der Randbedingungen, ob die geplante Bahn befahrbar ist, deutlich vereinfacht wird.

Dabei wird nach der Erfindung geprüft, ob die rechten Ecken des einzuparkenden Fahrzeugs 3 mit Fahrzeug 5 kollidieren, ob die linken Ecken des einzuparkenden Fahrzeugs 3 in die Gegenfahrbahn kommen, ob der maximale Lenkwinkel nicht überschritten wird und ob die maximale Lenkwinkelgeschwindigkeit nicht überschritten wird.

Diese Überprüfungen werden je nach verfügbarer Hardware und Rechenleistung in dem Fahrzeug entweder näherungsweise mit einfachen mathematischen Grundoperationen unter Hinzufügen von Sicherheitsabständen durchgeführt, oder unter Hinzunahme trigonometrischer Funktionen exakt durchgeführt, oder aber durch Auswerten eines Kennfeldes ermittelt.

Da nur die durch das Polynom beschriebene Bahn getestet werden muss, können bestimmte Operationen (z.B. Bestimmen der ersten und zweiten Ableitung) bereits im Vorfeld symbolisch gelöst werden.

Bei der Ermittlung der Befahrbarkeit durch Auswerten eines Kennfeldes werden als Eingangsdaten Fahrzeugposition, Fahrzeuggierwinkel und Fahrzeuglenkwinkel bezogen auf die

minimal mögliche Parklücke genommen. Mit diesen vier Eingängen kann aus dem Kennfeld bestimmt werden, ob ein sicheres Einparken möglich ist. Das Kennfeld wird vorher (offline) berechnet und liegt fest im Steuergerät in einem Speicher vor. Aufgrund einer Skalierbarkeit werden die so gewonnenen Aussagen für beliebig große Parklücken verwendet.

Um den Berechnungsaufwand weiter gering zu halten, bestimmt das Verfahren nur das Polynom relativ zwischen Fahrzeug und Ansatzpunkt an der festen Einfahrtrajektorie (Einfahrbahn). Diese wird dazu nur für die kleinstmögliche Parklücke abgespeichert.

Liegt eine größere Parklücke vor als die minimal mögliche, so wird ein Skalierungsfaktor in y-Richtung bezogen auf die kleinstmögliche Parklücke bestimmt. Dies geschieht so, dass der minimale Abstand zwischen der vorderen rechten Ecke des einzuparkenden Fahrzeugs 3 und der linken hinteren Ecke von Fahrzeug 5 immer konstant ist.

Anschließend wird der fest abgelegte Standardkreisbogen mit diesem Faktor in y-Richtung skaliert und mit dem Fahrzeug über ein Polynom verbunden.

So wird der maximale Lenkwinkel und die Lenkwinkeländerung verringert, gleichzeitig bleibt die Sicherheit, dass das Fahrzeug beim Abfahren der Bahn nicht anschlägt.

**Patentansprüche**

1. Einparkhilfe für ein Fahrzeug,  
dadurch gekennzeichnet, dass die Einparkhilfe ein  
autonomes Fahren oder Lenken des Fahrzeugs auf einer  
Bahn für ein Einparken ermöglicht oder einen Fahrer  
des Fahrzeugs bei einem Einparkvorgang auf der Bahn  
für das Einparken des Fahrzeugs unterstützt, mittels  
eines auf das Lenkrad aufgebrachten Lenkmoments, wobei  
der Fahrer durch mindestens einen künstlichen  
Lenkanschlag, vorzugsweise ein oder zwei künstliche  
Lenkanschläge, auf der Bahn für das Einparken des  
Fahrzeugs geführt wird,  
und dass die Bahn für das Einparken des Fahrzeugs in  
eine Einfahrbahn im Bereich einer Parklücke und eine  
vor der Einfahrbahn liegende Anfahrbahn aufgeteilt  
wird.
2. Bahnplanungsmodul für ein Fahrzeug, insbesondere für  
eine Einparkhilfe nach Anspruch 1,  
dadurch gekennzeichnet, dass die Bahn für das  
Einparken des Fahrzeugs in eine Einfahrbahn im Bereich  
einer Parklücke und eine vor der Einfahrbahn liegende  
Anfahrbahn aufgeteilt wird.
3. Verfahren zum Einparken für ein Fahrzeug,  
dadurch gekennzeichnet, dass das Verfahren ein  
autonomes Fahren oder Lenken des Fahrzeugs auf einer  
Bahn für ein Einparken ermöglicht oder einen Fahrer  
des Fahrzeugs bei einem Einparkvorgang unterstützt, in  
dem auf das Lenkrad ein Lenkmoment aufgebracht wird  
und mindestens ein künstlicher Lenkanschlag,

vorzugsweise ein oder zwei künstliche Lenkanschläge, generiert wird und in dem der Fahrer durch den künstlichen Lenkanschlag auf der Bahn für das Einparken des Fahrzeugs geführt wird, und dass die Bahn für das Einparken des Fahrzeugs in eine Einfahrbahn im Bereich einer Parklücke und eine vor der Einfahrbahn liegende Anfahrbahn aufgeteilt wird.

4. Einparkhilfe, Bahnplanungsmodul oder Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass zumindest ein Teilbereich der Anfahrbahn auf Grundlage eines oder mehrerer Polynome ermittelt wird.
5. Einparkhilfe, Bahnplanungsmodul oder Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass ein Ansatzpunkt der auf Grundlage zumindest eines Polynom ermittelten Anfahrbahn an die Einfahrfahrbahn in Abhängigkeit von der Position des einzuparkenden Fahrzeugs ermittelt wird.
6. Einparkhilfe, Bahnplanungsmodul oder Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass ein Ansatzpunkt der auf Grundlage zumindest eines Polynom ermittelten Anfahrbahn ermittelt wird, der auf der Bahn für das Einparken des Fahrzeugs je nach Fahrzeugstartposition an einer Kreisbahn oder einer davor liegenden Klothoidenbahn liegt.
7. Einparkhilfe, Bahnplanungsmodul oder Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6,

dadurch gekennzeichnet, dass die Einfahrbahn aus einem Kreisbogen gebildet wird.

8. Einparkhilfe, Bahnplanungsmodul oder Verfahren nach Anspruch 7,  
dadurch gekennzeichnet, dass der normalerweise ein Passieren der Ecken ermöglichende Kreisbogen verkürzt ist, wobei die Kreisbogenlänge so gewählt wird, damit die vordere rechte Ecke eines rückwärts einzuparkenden Fahrzeugs gerade die hintere linke Ecke eines die Parklücke nach vorne begrenzenden Objekts passiert.
9. Einparkhilfe, Bahnplanungsmodul oder Verfahren nach Anspruch 7 oder 8,  
dadurch gekennzeichnet, dass an den Kreisbogen vor dem Umlenkpunkt (in Richtung der Einfahrbahn) zumindest ein Klothoidenbogen an den Kreis angefügt wird, der eine Auslenkung in die Gegenfahrbahn verringert.
10. Einparkhilfe, Bahnplanungsmodul oder Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 9,  
dadurch gekennzeichnet, dass die Bahn für die kleinstmögliche Parklücke an die reale Parklücke durch Strecken angepasst wird.
11. Einparkhilfe, Bahnplanungsmodul oder Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6,  
dadurch gekennzeichnet, dass eine Bahnplanung für ein rückwärts Einparken vorgesehen ist, welche nach Maßgabe von Daten über den Parkraum relativ zum Fahrzeug und den Weg des Fahrzeugs in die Parklücke erfolgt.

### **Zusammenfassung**

#### **Einparkhilfe für ein Fahrzeug**

Die Erfindung betrifft eine Einparkhilfe für ein Fahrzeug, die dadurch gekennzeichnet ist, dass diese ein autonomes Einparken auf einer Bahn für ein Einparken des Fahrzeugs ermöglicht oder einen Fahrer des Fahrzeugs bei einem Einparkvorgang auf der Bahn für das Einparken des Fahrzeugs unterstützt, mittels eines auf das Lenkrad aufgebrachten Lenkmoments, wobei der Fahrer durch mindestens einen künstlichen Lenkanschlag, vorzugsweise ein oder zwei künstliche Lenkanschläge, auf der Bahn für das Einparken des Fahrzeugs geführt wird, und dass die Bahn für das Einparken des Fahrzeugs in eine Einfahrbahn im Bereich einer Parklücke und eine vor der Einfahrbahn liegende Anfahrbahn aufgeteilt wird nach Maßgabe der Startposition des Fahrzeugs.

(Fig. 2)